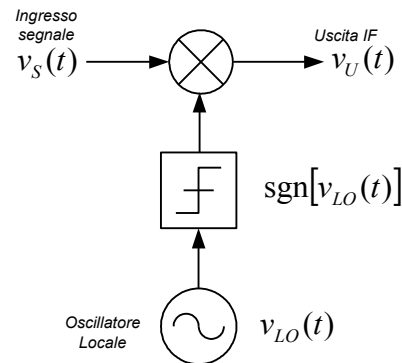


Elettronica per le telecomunicazioni

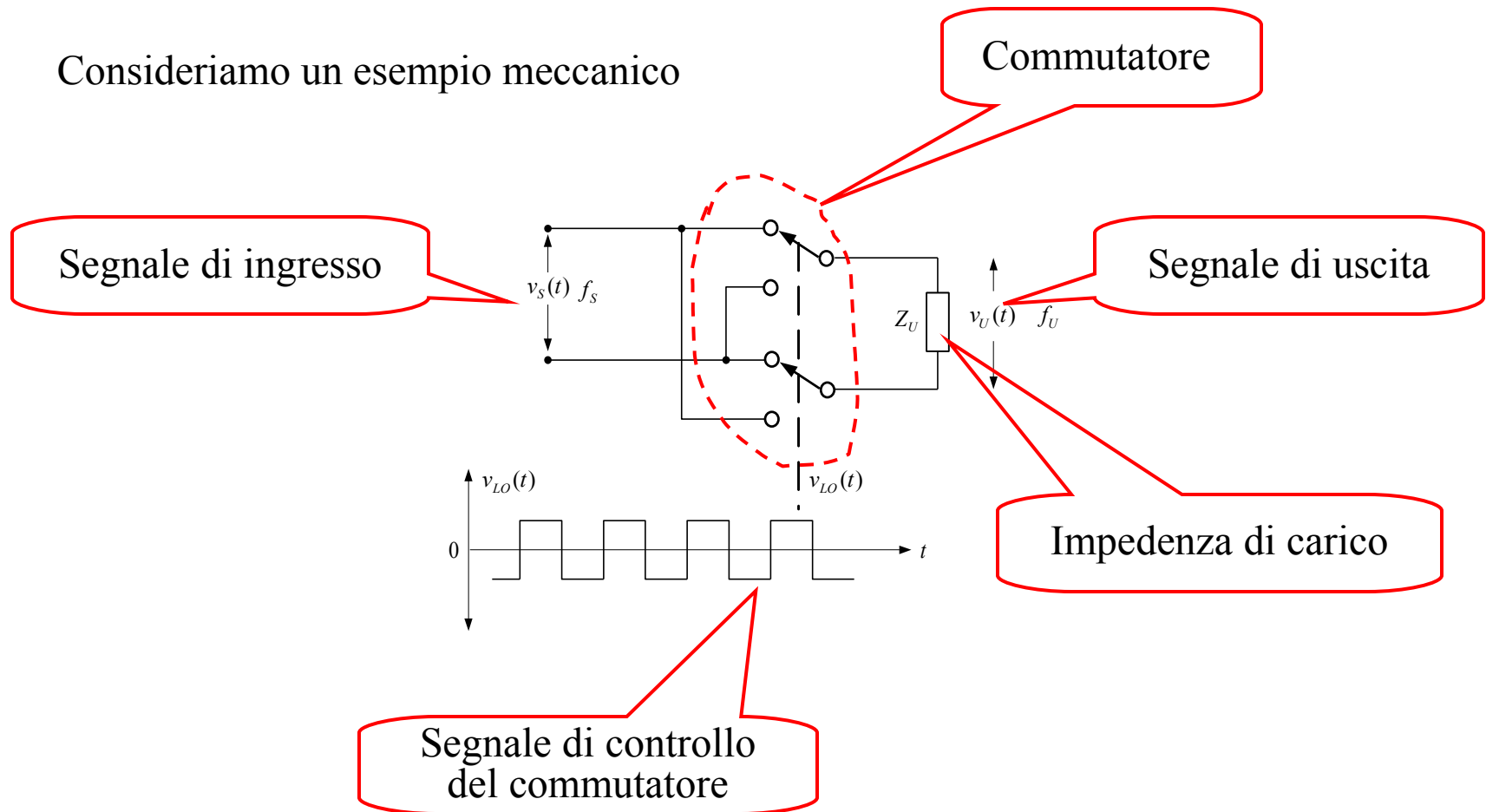
AA 2014 – 2015

Il mixer a commutazione

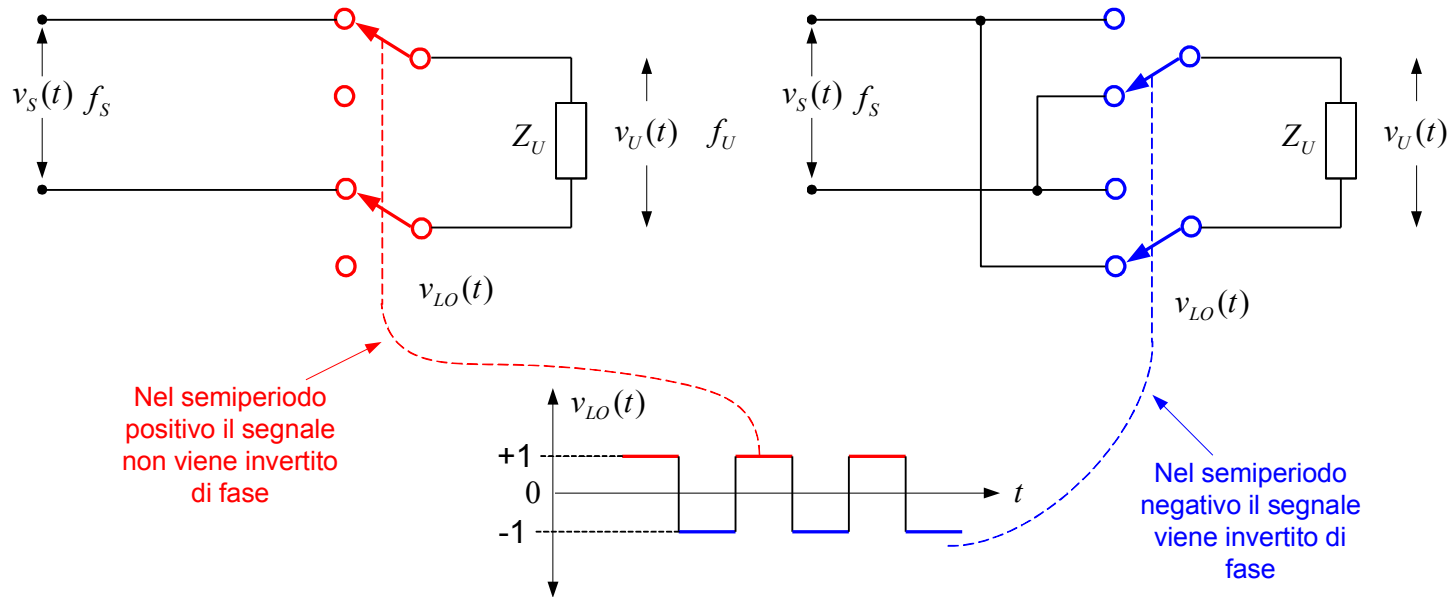


Il mixer a commutazione

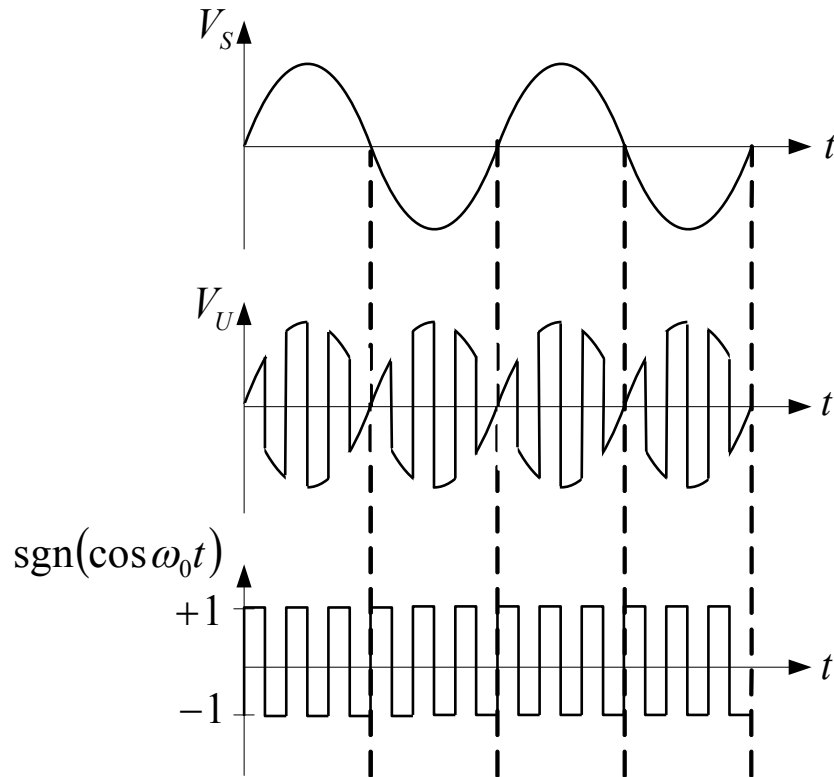
Consideriamo un esempio meccanico



Il mixer a commutazione



Il mixer a commutazione



L'operazione è in pratica una moltiplicazione per $+1$ e per -1 al ritmo della frequenza dell'oscillatore locale.

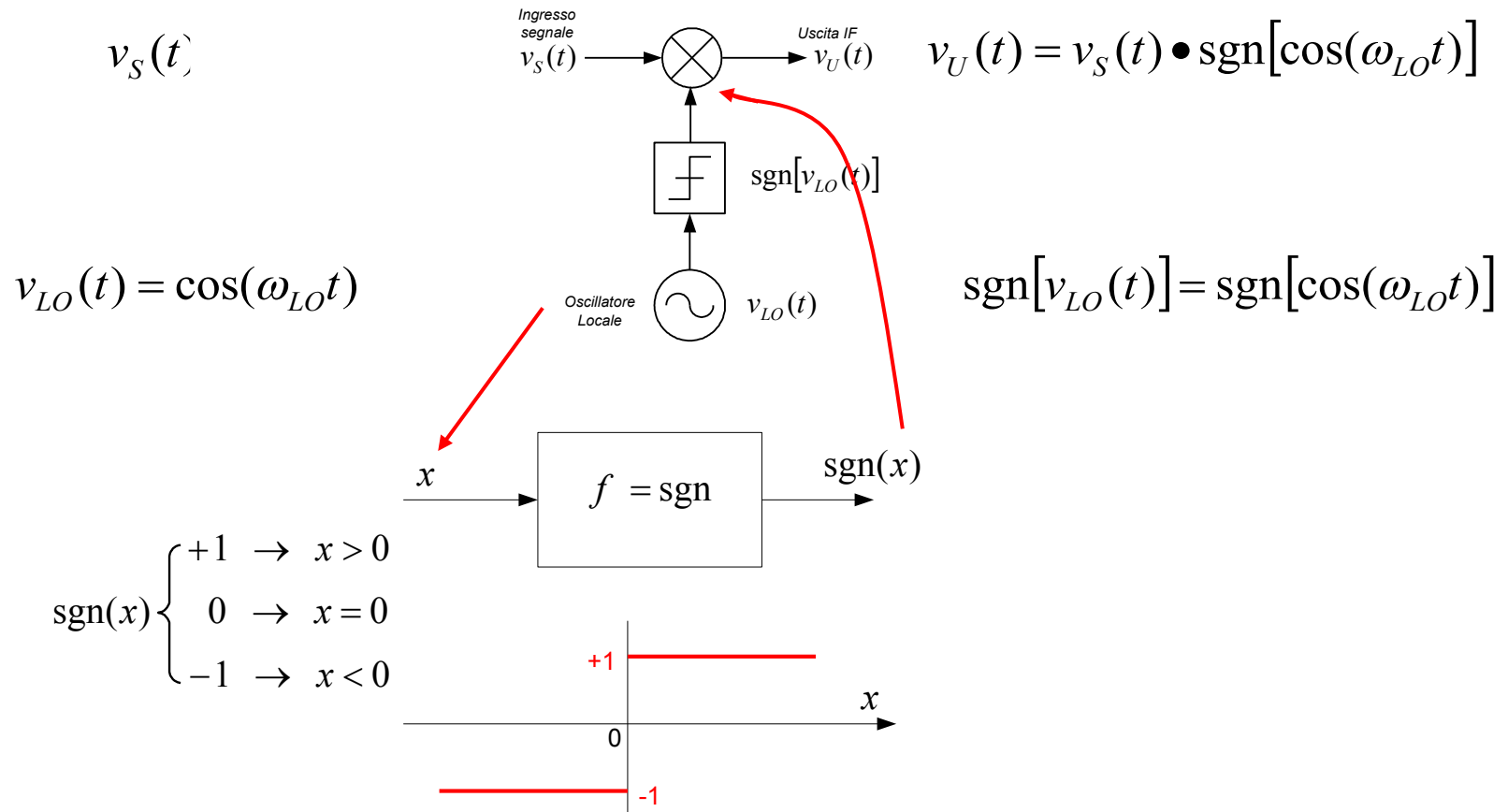
ovvero

Il segnale di uscita è il prodotto del segnale di ingresso per una funzione segno, a sua volta funzione dell'oscillatore locale.

Il mixer a commutazione

La funzione segno

In sostanza il mixer **a commutazione** può essere schematizzato come un moltiplicatore analogico in cui l'ingresso dell'oscillatore locale è pilotato con un onda quadra, ottenuta squadrando la sinusoide fornita dall'oscillatore locale.



Il mixer a commutazione

Il segnale di uscita del mixer (1)

La funzione segno $\text{sgn}[v_{LO}(t)] = \text{sgn}[\cos(\omega_{LO}t)]$

è una funzione periodica, con forma d'onda quadra, che può essere sviluppata in serie di Fourier .

$$\text{sgn}[\cos(\omega_{LO}t)] = \frac{4}{\pi} \left[\cos(\omega_{LO}t) - \frac{1}{3} \cos(3\omega_{LO}t) + \frac{1}{5} \cos(5\omega_{LO}t) - \dots \right]$$

Se utilizziamo come segnale un segnale sinusoidale: $v_s(t) = V_s \cos(\omega_s t)$

Otteniamo in uscita: $v_U(t) = V_s \cos(\omega_s t) \bullet \text{sgn}[\cos(\omega_{LO}t)]$

$$v_U(t) = V_s \cos(\omega_s t) \bullet \frac{4}{\pi} \left[\cos(\omega_{LO}t) - \frac{1}{3} \cos(3\omega_{LO}t) + \frac{1}{5} \cos(5\omega_{LO}t) - \dots \right]$$

$$v_U(t) = \frac{4}{\pi} V_s \cos(\omega_s t) \cos(\omega_{LO}t) - \frac{4}{3\pi} V_s \cos(\omega_s t) \cos(3\omega_{LO}t) + \frac{4}{5\pi} V_s \cos(\omega_s t) \cos(5\omega_{LO}t) - \dots$$

Il mixer a commutazione

Il segnale di uscita del mixer (2)

Leggendo criticamente lo sviluppo in serie ...

$$v_U(t) = \frac{4}{\pi} V_S \cos(\omega_S t) \cos(\omega_{LO} t) - \frac{4}{3\pi} V_S \cos(\omega_S t) \cos(3\omega_{LO} t) + \frac{4}{5\pi} V_S \cos(\omega_S t) \cos(5\omega_{LO} t) - \dots$$

... si nota che all'uscita **non** sono presenti le componenti alla frequenza del segnale, ω_S ne' a quella dell'oscillatore locale, ω_{LO} .

Il mixer a commutazione

Il segnale di uscita del mixer (3)

$$v_U(t) = \frac{4}{\pi} V_S \cos(\omega_S t) \cos(\omega_{LO} t) - \frac{4}{3\pi} V_S \cos(\omega_S t) \cos(3\omega_{LO} t) + \frac{4}{5\pi} V_S \cos(\omega_S t) \cos(5\omega_{LO} t) - \dots$$

È la componente
utile

**Componenti
indesiderate**

Devono essere attenuate
dai filtri che seguono il
mescolatore

Formule di
Werner

$$v_U(t) = \frac{4}{\pi} V_S \cos(\omega_S t) \cos(\omega_{LO} t).$$

$$v_U(t) = \frac{2}{\pi} V_S \cos(\omega_S - \omega_{LO})t + \frac{2}{\pi} V_S \cos(\omega_S + \omega_{LO})t$$

**Componente
differenza**

**Componente
somma**

Il mixer a commutazione

Il guadagno

$$v_U(t) = \frac{2}{\pi} V_S \cos(\omega_S - \omega_{LO})t + \frac{2}{\pi} V_S \cos(\omega_S + \omega_{LO})t$$

Si prende in considerazione la componente differenza

$$v_U(t) = \frac{2}{\pi} V_S \cos(\omega_S - \omega_{LO})t +$$

La componente somma viene trascurata

$$V_U = \frac{2}{\pi} V_S$$

$$v_U(t) = V_U \cos(\omega_S - \omega_{LO})t +$$

Il guadagno di conversione è dato dal rapporto

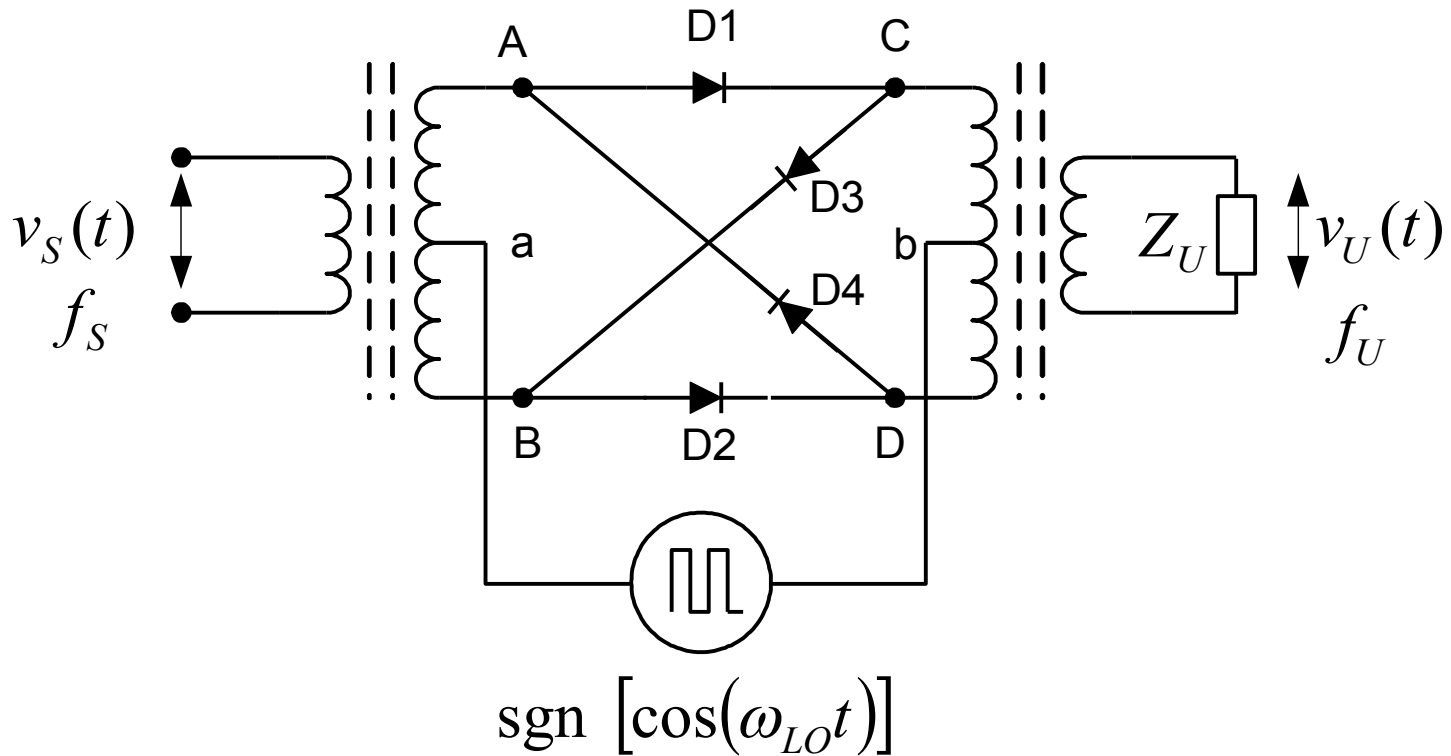
$$G_C = \frac{V_U^2}{V_S^2}$$

$$G_C = \frac{\frac{2^2}{\pi^2} V_S^2}{V_S^2} = \frac{2^2}{\pi^2} = 0,405 < 1$$

$$G_{C_dB} = -3,93 \text{ dB}$$

Il mixer a commutazione

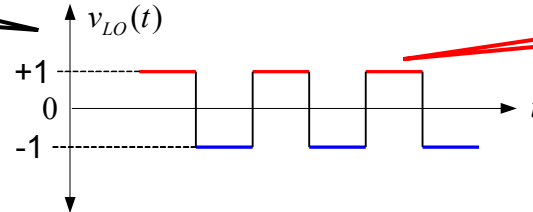
Lo schema della versione con 4 diodi



Il mixer a commutazione

Il funzionamento

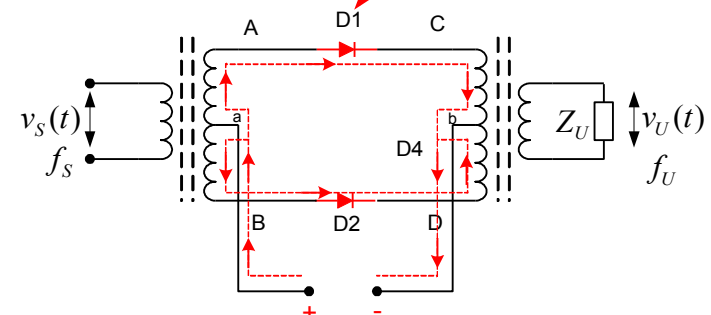
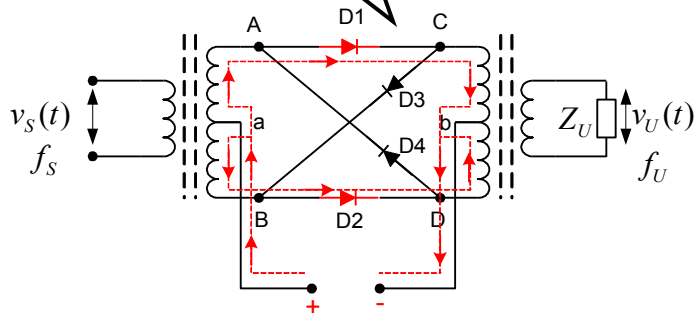
Segnale LO



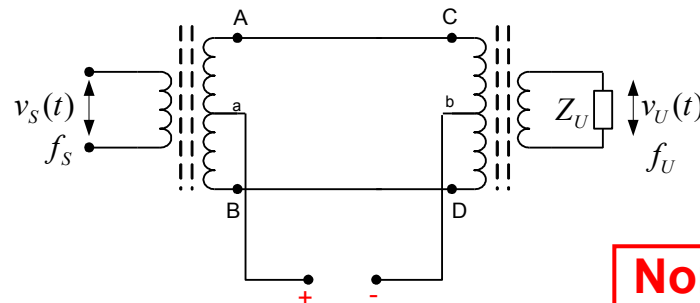
Semiperiodo **positivo**

D3 e D4 sono polarizzati inversamente

D1 e D2 sono polarizzati direttamente



Circuito equivalente



Non si ha inversione

Il mixer a commutazione

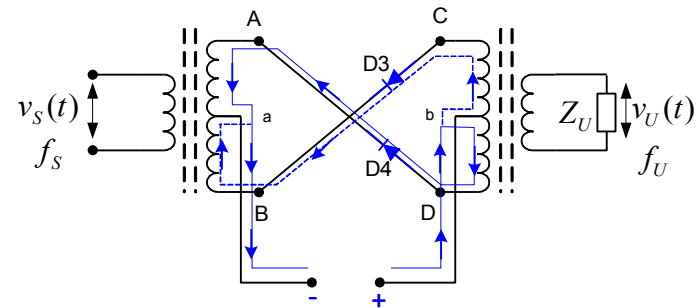
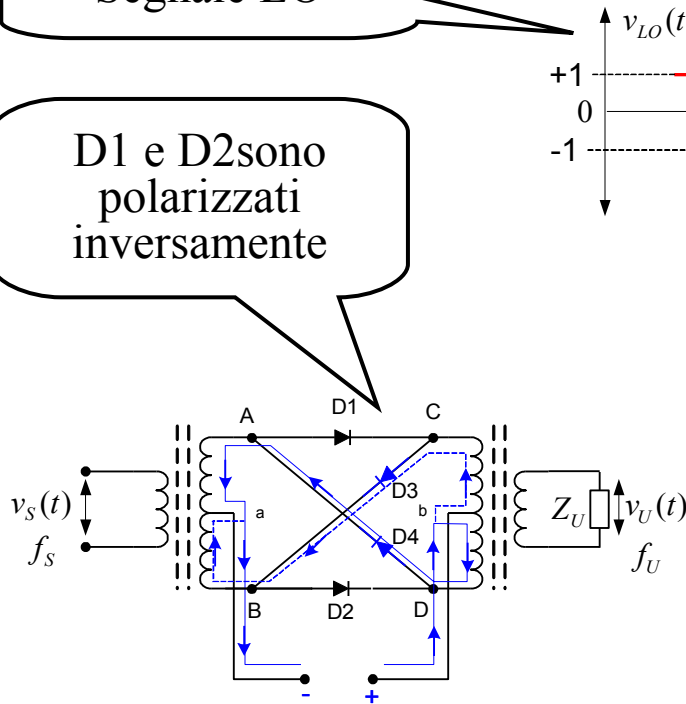
Il funzionamento

Segnale LO

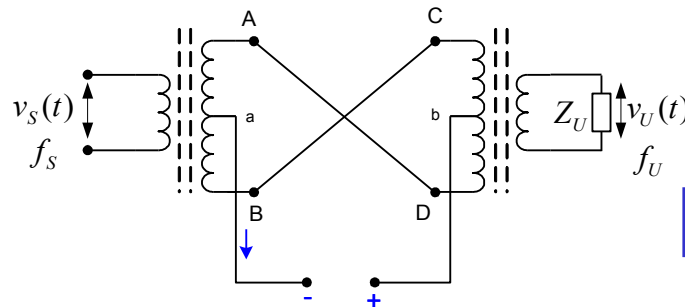
D1 e D2 sono polarizzati inversamente

Semiperiodo **negativo**

D3 e D4 sono polarizzati direttamente



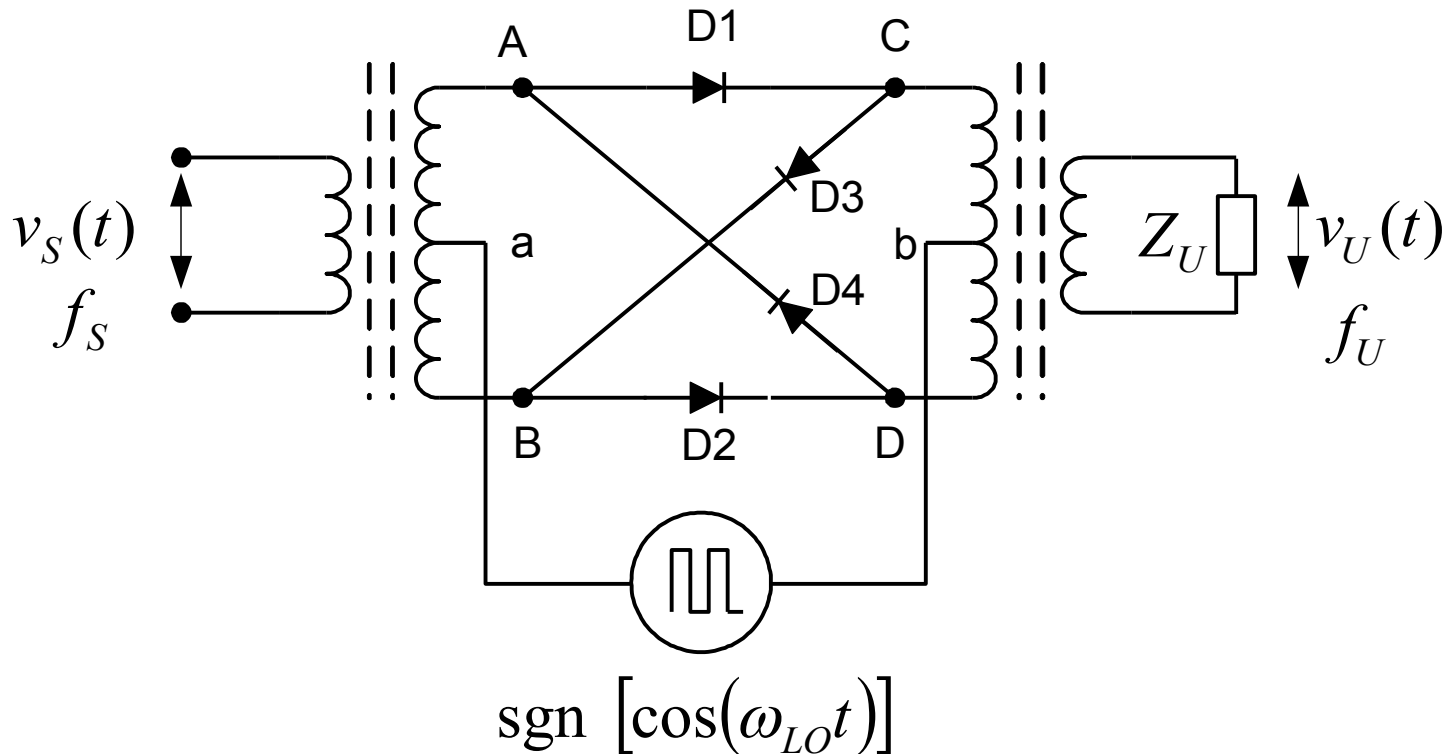
Circuito
equivalente



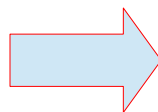
Si ha inversione

Il mixer a commutazione

Lo schema della versione con 4 diodi



Tensione V_{LO} ?



Adeguata a commutare i diodi !